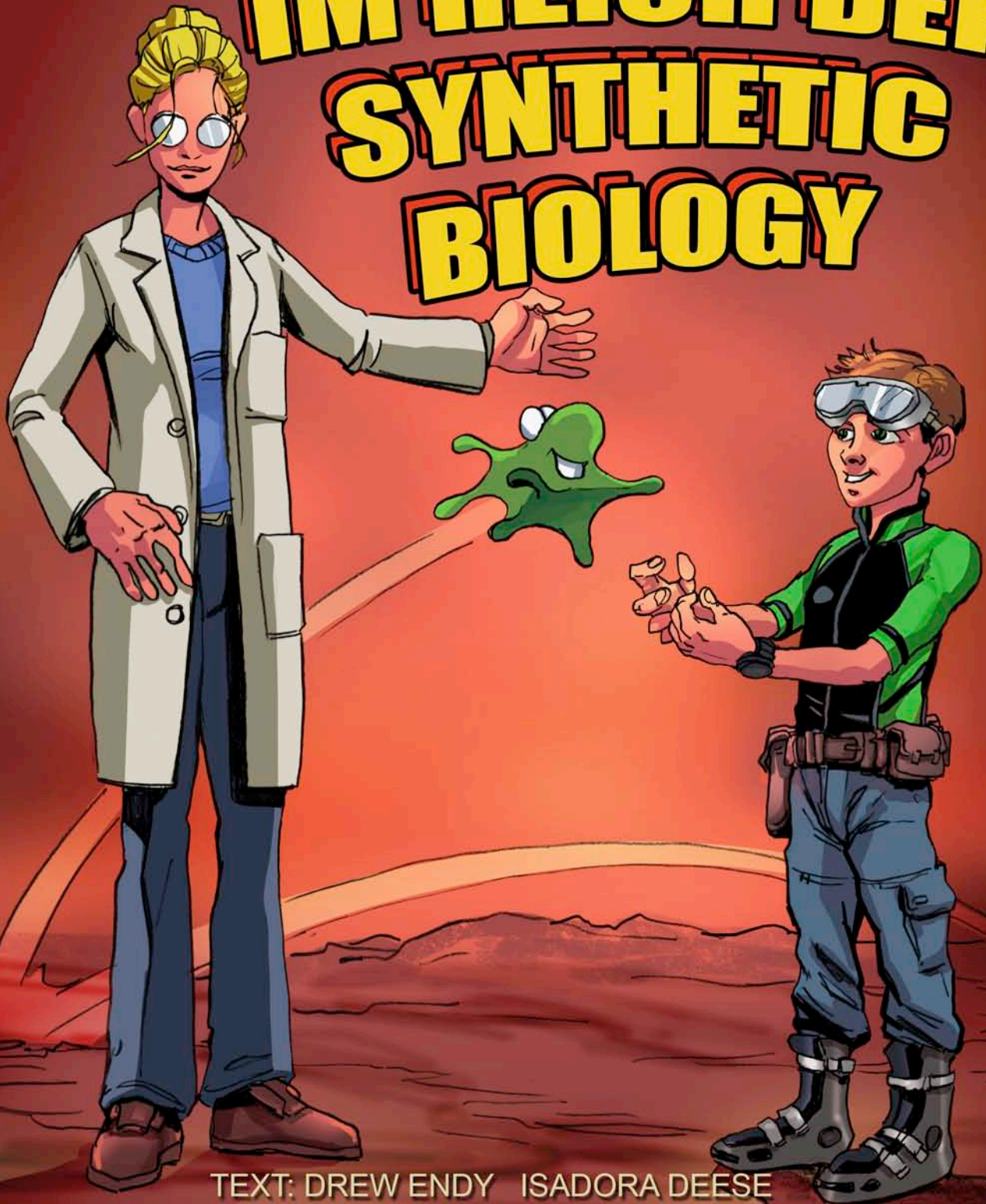


# ABENTEUER IM REICH DER SYNTHETIC BIOLOGY



TEXT: DREW ENDY ISADORA DEESE  
THE MIT SYNTHETIC BIOLOGY WORKING GROUP  
ILLUSTRATION: CHUCK WADEY [www.CHUCKWADEY.COM](http://www.CHUCKWADEY.COM)  
DEUTSCHE BEARBEITUNG: FORUM GENFORSCHUNG / SCNAT  
[WWW.GENETICRESEARCH.CH](http://WWW.GENETICRESEARCH.CH)



# DNA PROGRAMMIEREN

SCHAU MAL DIESE  
BAKTERIEN.

PASS AUF,  
GEH NICHT  
ZU NAH RAN.



STELL DIR MAL VOR,  
WAS ALLES MÖGLICH WÄR,  
WENN DIE FÜR UNS  
ARBEITEN WÜRDEN!

HMM... BIST DU SICHER, DASS  
DU GENUG VON DER SACHE  
VERSTEHST?

WILLST DOCH  
BESTIMMT NICHT,  
DASS ETWAS SCHIEF  
GEHT, ODER?



DAS WERDEN WIR  
NUR RAUSKRIEGEN,  
WENN WIR'S AUS-  
PROBIEREN!

SCHNAPPEN WIR  
UNS EINEN!

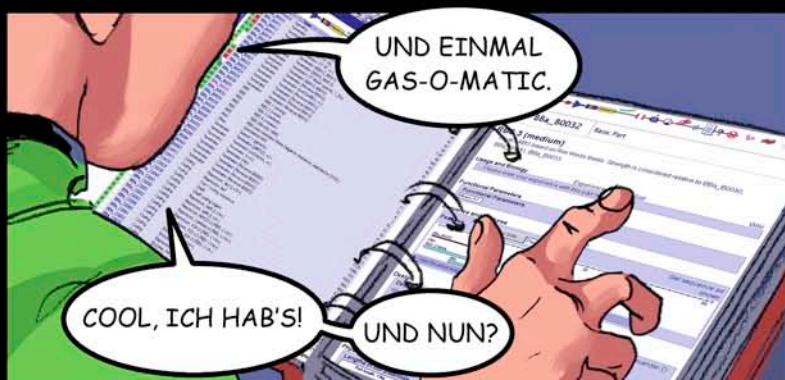
HEY KLEINER.



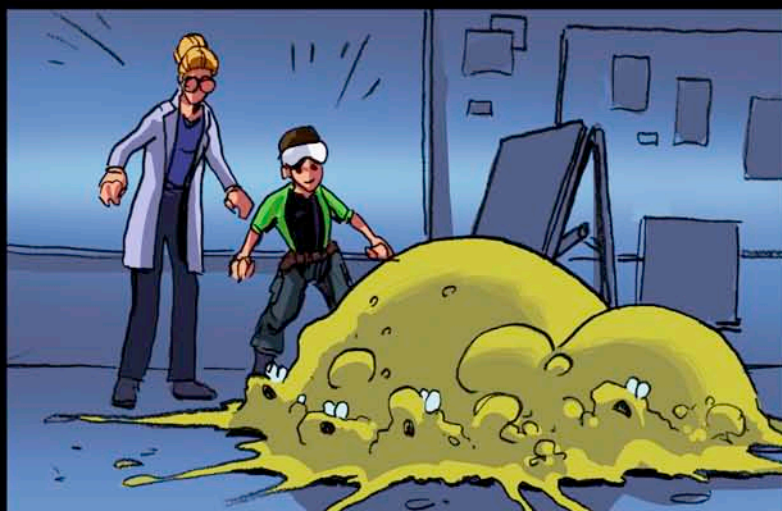
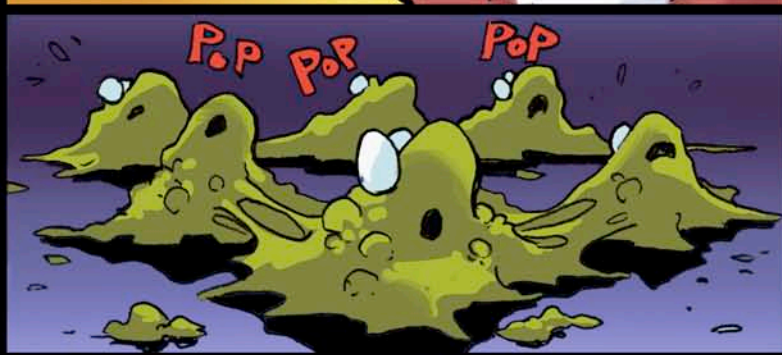




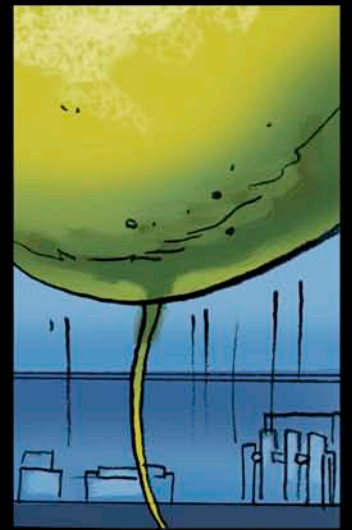
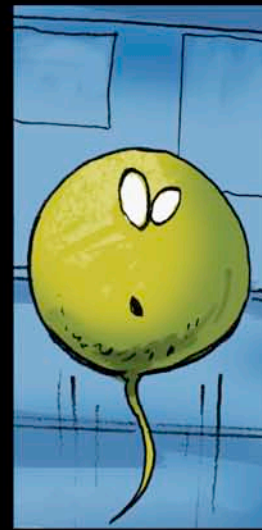














# GENETISCHE MODULE BAUEN

ICH WEISS, DASS DAS MIT  
DEN BAKTERIENBALLONEN  
FUNKTIONIERT,

ABER WIE KANN MAN SIE STOPPEN,  
BEVOR SIE EXPLODIEREN?

KOMM, ICH MACH  
DICH MIT EINEM  
NÜTZLICHEN  
FREUND BEKANNT,  
DEM INVERTER

VIELLEICHT IST  
ER DAS, WAS  
DU SUCHST.

TOLL, DASS DU  
MIR DAS JETZT  
SAGST!

WAS ZUM  
TEUFEL  
IST EIN  
INVERTER?

ALSO, PASS AUF! EIN  
INVERTER IST EINE  
KOMBINATION VON  
DNA-GRUNDELEMENTEN,

## Elemente eines Inverters

1. **Ribosomenbindungsstelle (RBS)** -  
Grundelemente, die den Prozess der Protein-  
synthese induzieren.

2. **Repressor** - Ein Gen, das ein bestimmtes  
Protein kodiert, welches sich in einem  
spezifischen Operatorbereich an eine  
DNA-Stelle anlagert und Veränderungen in  
der genetischen Expressionsrate induziert.

3. **Terminator** - Spezielle Elemente, die den  
RNA-Polymerasefluss entlang der DNA  
reduzieren, manchmal bis auf Null!

4. **Operator** - DNA-Segmente, die Repres-  
sorproteinbindungsstellen und RNA-Poly-  
merasebindungs- und -initiationsstellen  
enthalten. Mit einem Repressorprotein wird  
der Operatorbereich ausgeschaltet. Ohne  
Repressorprotein wird der Operatorbereich  
eingeschaltet, wodurch sich die RNA-  
Polymerase anlagern und ein HOHES  
Outputsignal initiieren kann.

WENN DU DAS  
INVERTER-  
MODUL VERWEN-  
DET HÄTTEST,  
HÄTTEST DU DEN  
UNFALL UNSERES  
KLEINEN  
VERHINDERN  
KÖNNEN.

FIEP!

DIE ETWAS INS  
GEGENTEIL VERKEHREN,  
WENN MAN SIE ZUSAM-  
MENSCHLIESST.

EIN WIRD ZU AUS,  
NIEDER WIRD ZU  
HOCH, USW.

HMM... WARUM  
SAGST DU DEM  
MODUL?

WÄR DIR  
DINGSBUMS  
LIEBER?

ACH, WARUM  
WEISST DU IMMER  
ALLES! VERGISS ES!

EIN MODUL VERBIRGT  
IN SEINEM INNERN ALLE  
ELEMENTE, DIE ES ZUM  
FUNKTIONIEREN  
BRAUCHT.

HIER IST Z.B.  
EIN STÜCK  
DNA-CODE.

WEISST DU, WAS  
ES ALLES MACHEN  
KANNT?

HEE! PASS  
AUF!

KEINE  
AHNUNG!

MACHT NICHTS. ICH  
WILL DAMIT NUR SAGEN,  
DASS MAN SICH NICHT  
JEDES STÜCK DNA EINZELN  
MERKEN MUSS.

MAN KANN SIE  
ALLE IN DIESES  
MODUL STECKEN.

UFF!

WIE HAST  
DU DAS  
GEMACHT?







# GEMEINSAME SIGNALTRÄGER







NA DANN LOS. MACH BESSERE MODULE, DIE IN VERSCHIEDENEN KOMBINATIONEN VERWENDET WERDEN KÖNNEN.

WIE?



NUN, MIT DEN ALTEN MODULEN HABEN WIR DAS PROBLEM, DASS DIE EINGANGS- UND AUSGANGSSIGNALE UNTERSCHIEDLICHE PROTEINE VERWENDEN.

RICHTIG. UND WIR WISSEN, WIE MAN DIE PROTEINKONZENTRATION MESSEN KANN.



UND? ES SIND TROTZDEM UNTERSCHIEDLICHE PROTEINE.

NUN, ICH KRIEG EINEN PREIS FÜR DIE ENTDECKUNG EINES WICHTIGEN PROTEINS!

NA UND? DAS HILFT MIR NICHT WEITER, WENN ICH DEINE MODULE ZUSAMMEN-SCHLIESSEN WILL!



ABER.... DER ZUSTAND EINER ZELLE LÄSST SICH DOCH AM BESTEN ÜBER DIE ZAHL DER MOLEKÜLE DEFINIEREN, AUS DENEN SIE BESTEHT ODER?

FIEP!



VIELLEICHT EBEN NICHT. WARUM VERSUCHST DU'S NICHT MIT WAS ANDEREM!



HMM...

WIE WÄR'S, WENN...?

SCHAU MAL!

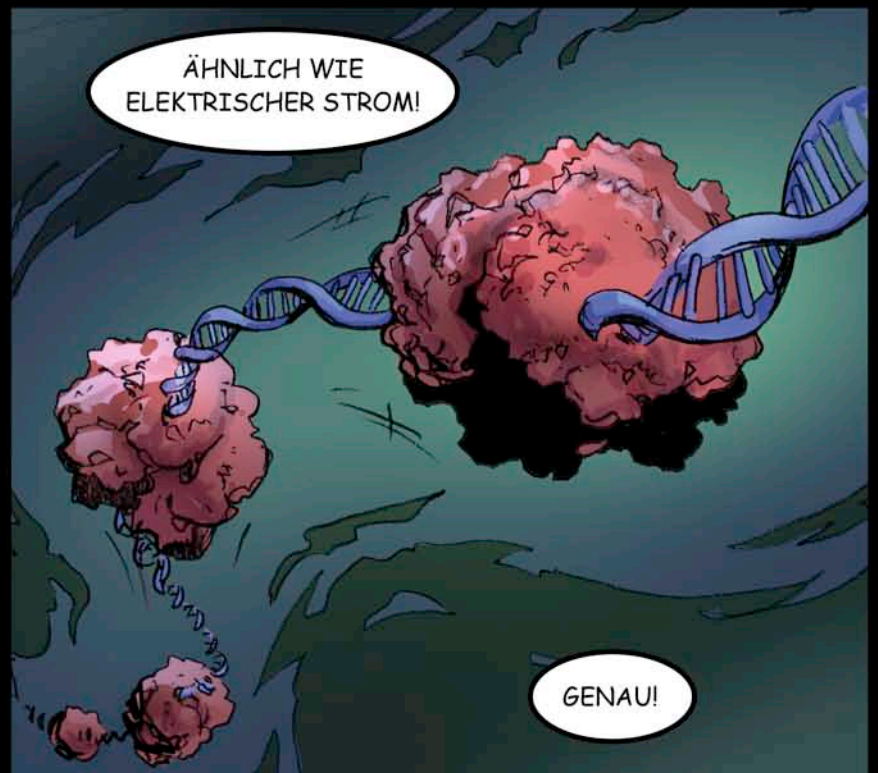
HMM?



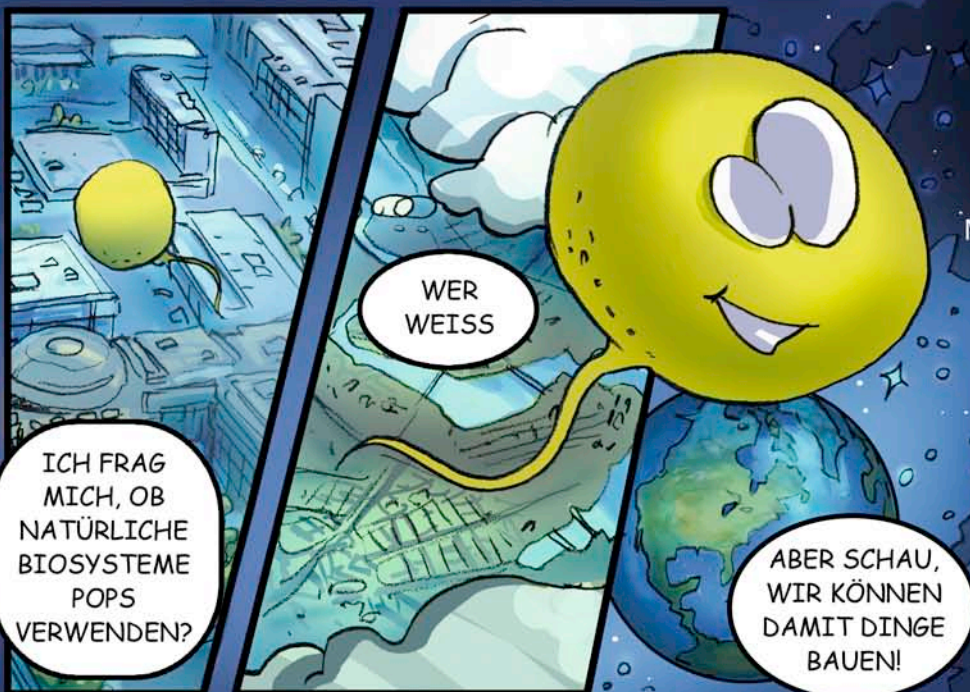
JETZT SENDEN UND EMPFANGEN MEINE INVERTER DAS SIGNAL ÜBER DIE EXPRESSIONSRATEN AM EIN- UND AUSGANG DES MODULS!

SUPER!









#### References

\*Elowitz & Leibler Nature v403 p335

\*\*Che et al. "A common signal carrier for genetic devices" (submitted)

Inspiration & Acknowledgements  
Morton "Life, Reinvented" WIRED 13.01  
Gonick and Wheelis, The Cartoon Guide to Genetics  
McCloud, Understanding Comics  
Howtoons, [www.howtoons.org](http://www.howtoons.org)  
Image and Meaning, [web.mit.edu/i-m/](http://web.mit.edu/i-m/)  
Thanks to Joost Bonsen, Felice Franke, Larry Gonick, Saul Griffith, Heather Keller & Ty Thomson.

#### Contact

Drew Endy via [endy@mit.edu](mailto:endy@mit.edu)

CHUCK WADEY.COM